

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-203550

(43)Date of publication of application : 24.07.1992

(51)Int.Cl.

F16H 25/22

(21)Application number : 02-332911

(71)Applicant : NTN CORP

(22)Date of filing : 28.11.1990

(72)Inventor : SHIBATA YASUSHI  
NOBUTOMO MASAHIRO  
OBA FUMIO

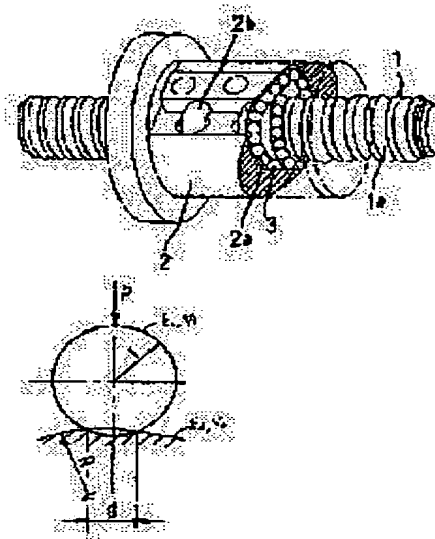
## (54) BALL SCREW

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve the service life of a ball screw for a ceramic ball to the same level as that of a ball screw for a steel ball by setting the ratio of radius of curvature on inside/outside orbital planes and radius of the ceramic ball smaller than that in the case of using the steel ball.

**CONSTITUTION:** According to Hertz's elastic contact theory, in the case spherical surfaces are brought into contact with each other, when a load  $P$  and equivalent radius ( $\rho$ ) are kept constant, diameter ( $d$ ) of the contact surface becomes a function for elastic coefficient  $E$  and Poisson's ratio ( $\nu$ ).

Accordingly, under the same load  $P$  and equivalent radius ( $\rho$ ), the contact area of a ceramic ball 3 and orbital planes 1a and 2a becomes smaller than that in the case of using a steel ball, and to that extent, high pressure compressive stress is acted on the contact surface. Then, by setting the ratio of radius of curvature on inside/ outside orbital planes 1a and 2a and radius of the ceramic ball 3 smaller than that in the case of using the steel ball, the contact area of the ceramic ball 3 and the orbital planes 1a and 2a is brought close to the contact area of the steel ball and the orbital planes, and thereby, stress on the contact surface can be reduced substantially to the same level as that in the case of using the steel ball.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-203550

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>  
F 16 H 25/22

識別記号 庁内整理番号  
M 8814-3 J  
L 8814-3 J

⑭ 公開 平成4年(1992)7月24日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全3頁)

⑮ 発明の名称 ボールねじ

⑯ 特 願 平2-332911

⑰ 出 願 平2(1990)11月28日

⑱ 発 明 者	柴 田 靖 史	静岡県浜松市北島町37-1
⑱ 発 明 者	信 朝 雅 弘	静岡県袋井市青木町5-1-105
⑱ 発 明 者	大 庭 文 男	静岡県磐田郡福田町中島474
⑲ 出 願 人	エヌティエヌ株式会社	大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
⑳ 代 理 人	弁理士 江 原 省 吾	

明 細 書

1. 発明の名称

ボールねじ

2. 特許請求の範囲

(1) 外周面に螺旋状の内側軌道面が形成されたねじ軸と、内周面に螺旋状の外側軌道面が形成されたナットと、内・外側軌道面間に介在する複数のセラミック製ボールとで構成されたボールねじにおいて、上記内・外側軌道面の曲率半径と上記ボールの半径との比率が、鋼製ボールを使用した場合の該比率よりも小さくなるようにしたことを特徴とするボールねじ。

(2) 内・外側軌道面とセラミック製ボールとの接触面に作用するヘルツ応力が、鋼製ボールを使用した場合の該ヘルツ応力と同程度の値になるように内・外側軌道面の曲率半径を設定したことを特徴とする請求項1のボールねじ。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

本発明は、工作機械を初め、半導体製造装置、

産業用ロボット等の各種産業機器に用いられるボールねじに関する。

[従来の技術]

ボールねじは、外周面に螺旋状の内側軌道面が形成されたねじ軸に、内周面に螺旋状の外側軌道面が形成されたナットを複数のボールを介して螺旋させた構成をもち、ねじ軸の回転運動をナットの軸方向の直線運動に変換する機能をもつ。複数のボールは、内・外側軌道面間に形成される螺旋状の循環路に配され、ねじ軸の回転に伴って該循環路内を転動しながら循環する。

近年、産業機器等に対する高速化の要求が顕著であり、これに伴う伝導部の音響、発熱等の問題を解決すべく、セラミック製ボールを使用したボールねじが用いられるようになってきた。この種のボールねじは、以下に示すような多くの利点を有する。

① 高速回転になる程、音響値が鋼製ボールの場合に比べて低くなる。

② 発熱量が少ない。

- ③ 静剛性が弾性定数の違いから約10%高くなる。
- ④ 予圧設定して使用する場合、同じ剛性を得るための予圧設定値が小さくなるため、発熱量が小さくなる。
- ⑤ ボールの重量が軽減されるため、高速回転時、循環路へのボールの衝突力が小さくなり、循環路の破損対策が容易になる。

〔考案が解決しようとする課題〕

上述したように、セラミック製ボールを使用することは、高速化に伴う音響、発熱等の問題点を解決する上で極めて有効な手段となるが、この種のボールねじは、一般に、鋼製ボールを使用したボールねじに比べて寿命が短いという問題点があった。

そこで本考案の目的は、セラミック製ボールを使用したボールねじの寿命を向上させることにある。

〔課題を解決するための手段〕

本考案では、内・外側軌道面の曲率半径とセラ

ミック製ボールの半径との比率を、鋼製ボールを使用した場合の該比率よりも小さくすることによって、セラミック製ボールと軌道面との接触面積を鋼製ボールと軌道面との接触面積に近づけ、これにより接触面の応力を実質的に鋼製ボール程度まで低減させることができる。

一般に、ボールねじの寿命は、接触面に作用するヘルツ応力 $\sigma$ の9乗に逆比例するといわれている。溝曲率 $\rho$ と荷重 $P$ との関係は、第4図に示す式により算出されるが、この式より鋼製ボールの場合と同程度のヘルツ応力になるような軌道面の曲率半径を求めると、 $R = \alpha r$  ( $R$ : 軌道面の曲率半径、 $r$ : ボールの半径、 $\alpha$ : 比率) において $\alpha$ が約1.05になる。換言すれば、 $\alpha$ が約1.05の時、理論上、セラミック製ボールを使用したボールねじの寿命は鋼製ボールを使用したボールねじの寿命と同程度になる。尚、従来のボールねじでは、 $\alpha = 1.10$ 前後に設定されているものが多い。

ミック製ボールの半径との比率が、鋼製ボールを使用した場合の該比率よりも小さくなるようにした。

また、内・外側軌道面とセラミック製ボールとの接触面に作用するヘルツ応力が、鋼製ボールを使用した場合の該ヘルツ応力と同程度の値になるように内・外側軌道面の曲率半径を設定した。

〔作用〕

ヘルツの弾性接触理論によれば、球面同士が接触する場合、接触面の直径 $d$ は、荷重 $P$ と等価半径 $\rho$ が一定であれば、弾性定数 $E$ とポアソン比 $\nu$ の関数になる(第3図参照)。したがって、セラミック製ボールと軌道面との接触面積は、同じ荷重 $P$ ・等価半径 $\rho$ の下では、鋼製ボールの場合よりも小さくなり、その分接触面には高圧縮応力が作用することになる。セラミック製ボールを使用したボールねじの寿命が短くなるのは、この応力に起因する部分が大であると考えられる。本考案は、この接触面の応力を低減させることによって、所期の目的を達成しようとするものであり、上記

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面に従って説明する。

第1図は、リターンチューブ式ボールねじの一般的構成を示す。このボールねじは、外周面に螺旋状の内側軌道面1aが形成されたねじ軸1、内周面に螺旋状の外側軌道面2aが形成されたナット2、内・外側軌道面1a・2a間に形成される螺旋状の循環路に配された複数のボール3で構成される。ねじ軸1が回転すると、ボール3を介してねじ軸1に螺合したナット2が軸方向に移動する。このときボール3は、循環路をねじ軸1の回転方向に進み、循環路の先端まで進むと、リターンチューブ2bを通して再び循環路の後端まで戻る。

本実施例のボールねじは、第1図に示すボールねじにおいて、ボール3をセラミック製にすると共に、第2A図に示すように、内・外側軌道面1a・2aの曲率半径 $R$ とボール3の半径 $r$ との比率 $\alpha$ が1.05になるように設定したものである。このように内・外側軌道面1a・2aの曲率半径 $R$

を設定することにより、上述したように、ボール3と内・外側軌道面1a・2aとの接触面におけるヘルツ応力が鋼製ボールの場合と同程度になるため、本実施例のボールねじの寿命は、理論上、鋼製ボールを使用したボールねじの寿命と同程度にまで向上する。尚、 $\alpha$ の値は理論値を基に、最適な寿命が得られる値を実験により求める。製作上の問題を考慮すると、 $\alpha$ の下限値は1.03程度と考えられるから、 $\alpha$ の値は1.03~1.10程度になる。

尚、第2A図には、内・外側軌道面1a・2aの形状をゴシックアーキ形状にしたものを示したが、第2B図に示すようなサーキュラーアーキ形状の場合でも同様の効果が得られる。

[発明の効果]

本発明によれば、セラミック製ボールと軌道面との接触面積が増加し、接触面に作用する応力が低減されるため、セラミック製ボールを使用したボールねじの寿命を鋼製ボールを使用したボールねじの寿命と同程度まで向上させることができる。

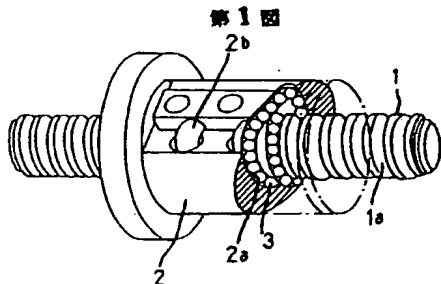
4. 図面の簡単な説明

第1図はボールねじの一般的構成を示す斜視図、第2A図、第2B図は軌道面の形状を示す断面図、

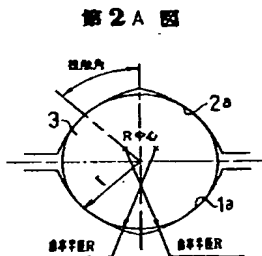
第3図、第4図は軌道面とボールとの接触状態を示す図である。

- 1 : ねじ軸                      2 : ナット  
1a : 内側軌道面              2a : 外側軌道面  
3 : ボール  
R : 軌道面の曲率半径      r : ボールの半径  
 $\sigma$  : ヘルツ応力

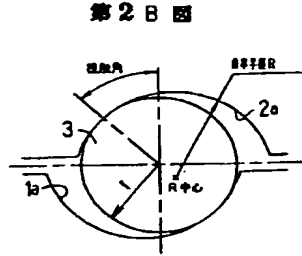
特許出願人 エヌティエヌ株式会社  
代理人 江原省吾



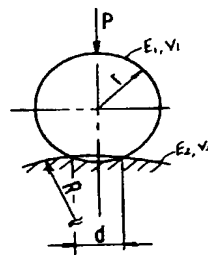
第1図



第2A図



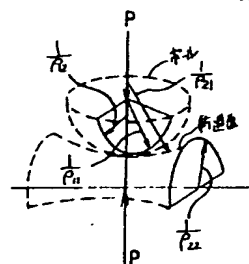
第2B図



第3図

$$d = \sqrt[3]{6\pi \left( \frac{1-v_1^2}{E_1} + \frac{1-v_2^2}{E_2} \right) P r}$$

P : 荷重  
E : 弾性係数  
v : ポアソン比  
P : 荷重係数  $\frac{1}{P} = \frac{1}{r} + \frac{1}{R} \left( \frac{E_1 v_1 + E_2 v_2}{E_1 E_2} \right)$



第4図

$$\Sigma P = \frac{3}{2} P (\theta_1 + \theta_2) \left( \frac{1.5 P}{\pi \sqrt{\mu}} \right)^{-\frac{3}{2}}$$

P : 荷重  
 $\theta = \frac{1-v}{E}$  (E: 弾性係数, v: ポアソン比)  
注1:  $d_1, d_2$  , 注2: A: 接触距離  
 $\Sigma P = P_{11} + P_{12} + P_{21} + P_{22}$  (凸面は+, 凹面は-)